

Scientific Bulletin of Namangan State University

Volume 1 | Issue 4

Article 4

8-10-2019

FEATURES OF THE NANOPHOTOLUMINESCENCE OF FILMS OF CDTE: IN WITH THE ABNORMAL PHOTOVOLTAIC PROPERTY

Bakhtiyor Zaylobidinovich Polvonov
(PhD), Head of the Department of "Physics" Fergana Polytechnic Institute,

Bekhzod Bakhtiyorjon o'g'li Zaylobiddinov
Scientific researcher of Fergana Polytechnic Institute

Alijon Quzievich Sultanov
(PhD), Senior Lecturer of the Department of Physics Namangan State University

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu>

 Part of the [Physical Sciences and Mathematics Commons](#)

Recommended Citation

Polvonov, Bakhtiyor Zaylobidinovich; Zaylobiddinov, Bekhzod Bakhtiyorjon o'g'li; and Sultanov, Alijon Quzievich (2019) "FEATURES OF THE NANOPHOTOLUMINESCENCE OF FILMS OF CDTE: IN WITH THE ABNORMAL PHOTOVOLTAIC PROPERTY," *Scientific Bulletin of Namangan State University*. Vol. 1 : Iss. 4 , Article 4.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/namdu/vol1/iss4/4>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin of Namangan State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact brownman91@mail.ru.

FEATURES OF THE NANOPHOTOLUMINESCENCE OF FILMS OF CDTE: IN WITH THE ABNORMAL PHOTOVOLTAIC PROPERTY

Cover Page Footnote

???????

Erratum

???????

ОСОБЕННОСТИ НАНОФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПЛЕНОК $CdTe:In$ С АНОМАЛЬНЫМ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИМ СВОЙСТВОМ

¹Полвонов Бахтиёр Зайлобидинович, Зайлобиддинов Бехзод Бахтиёржон ўғли

²Султанов Алижон Кузиевич, ³Абдулазизов Бахром Тошмирза угли

1-(PhD), заведующий кафедрой «Физики» Ферганский Политехнический Институт

2- Научный исследователь Фарганский Политехнический Института,

3-(PhD), старший преподаватель кафедрой «Физики» Наманганский Государственный Университет,

Аннотация: В спектрах низкотемпературной ($T = 4.2\text{ K}$) фотолюминесценции мелкозернистых ($d_{cr} \leq 1\text{ мкм}$) пленок $CdTe$ обнаружены полосы собственного ($e-h$) излучения, обусловленная приповерхностными потенциальными барьерами кристаллических зерен, и краевая дублетная полоса, возникающая как LO – фоновые повторения $e-h$ полосы. Легирование пленки примесью In приводит к тушению дублетной полосы, а термическая обработка её – активации собственной полосы, коротковолновое смещение красной границы ($\Delta E_r = 16-29\text{ мэВ}$) и модуляция полуширины ($\Delta_A = 6-17\text{ мэВ}$) которой коррелированы с высотой микропотенциальных барьеров и температурой рекомбинирующих горячих фотоносителей.

Ключевые слова: тонкая поликристаллическая пленка, теллурид кадмия, примеси, легирование, термическая обработка, аномальные фотовольтаические свойства, спектр фотолюминесценции, потенциальные барьеры, границы зёрен, интенсивность.

АНОМАЛЬ ФОТОВОЛЬТАИК ХУСУСИЯТЛИ $CdTe:In$ ПЛЁНКАЛАРИДА НАНОФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯНИНГ ЎЗИГА ХОСЛИГИ

¹Полвонов Бахтиёр Зайлобидинович, Зайлобиддинов Бехзод Бахтиёржон ўғли,

²Султанов Алижон Қўзиевич, ³Абдулазизов Бахром Тошмирза ўғли

1-(PhD), Фарғона Политехника Институтини Физика кафедраси мудири,

2- Фарғона Политехника Институтини тадқиқотчиси,

3-(PhD), Наманган Давлат Университетини Физика кафедраси каттаўқитувчиси

Аннотация: Майда донли ($d_{cr} \leq 1\text{ мкм}$) $CdTe$ плёнкаларининг паст ҳароратли ($T = 4.2\text{ K}$) фотолюминесценция спектрларида кристалл доналар сиртида жойлашган потенциал тўсиқлар ва LO – фоонли такрорланишлар натижасида юзага келадиган четки хусусий ($e-h$) нурланиш дублет чизиги топилган. Плёнкани In киришма билан легирлаш ушбу дублет полосанинг сўнишига, кейинги термик ишлов бериш эса, иссиқ фототашувчиларнинг рекомбинацияси микропотенциал тўсиқлар баландлиги ва ҳароратига боғлиқ бўлган спектрал ($\Delta_A = 6-17\text{ мэВ}$) ярим кенглигига эга модуляцияланган хусусий полосанинг кескин фаоллашувига олиб келади ҳамда ушбу нурланишнинг кескин қизил чегаравий энергияли ($\Delta E_r = 16-29\text{ мэВ}$) узун тўлқинлар томон силжийди.

Калит сўзлар: юпқа поликристалл пленка, кадмий теллуриди, аралашма, легирлаш, термик ишлов бериш, аномаль фотовольтаик хусусият, фотолюминесценция спектри, потенциалтўсиқ, донлар чегараси, интенсивлик.

FEATURES OF THE NANOPHOTOLUMINESCENCE OF FILMS OF CdTe: In WITH THE ABNORMAL PHOTOVOLTAIC PROPERTY

¹Polvonov Bakhtiyor Zaylobidinovich, Zaylobiddinov BekhzodBakhtiyorjon o'g'li,

²Sultanov Alijon Quzievich, ³Abdulazizov Bakhrom Toshmirza o'g'li

1-(PhD), Head of the Department of "Physics" Fergana Polytechnic Institute,

2- Scientific researcher of Fergana Polytechnic Institute,

3-(PhD), Senior Lecturer of the Department of Physics Namangan State University,

Abstract: In the spectrum of low temperature ($T = 4.2\text{ K}$) photoluminescence of the fine-grained ($d_{cr} \leq 1\text{ }\mu\text{m}$) thin CdTe films is discovered a band of the own ($e-h$) radiation, specified by the subsurface potential barriers on border of crystalline grains and marginal double-acting band, appearing as LO-phonons repetitions of the $e-h$ band. The alloyage of the film by impurity In leads to stewing double-acting band, but its further thermal processing to activation of the own band, short-wave offset of the red border ($\Delta E_r = 16-29\text{ meV}$) and modulation of the full width on half maximum ($\Delta_A = 6-17\text{ meV}$) which is correlated with by the height of the micro potential barriers and temperature of recombined hot photocurrents.

Keywords: polycrystalline thin films, telluride cadmium, impurity, alloyage, thermal processing, anomalous photovoltages properties, spectrum of photoluminescence, the potential barrier, the border of grains, intensity.

К настоящему времени подробно исследованы спектры низкотемпературной фотолюминесценции {НТФЛ} кристаллов CdTe и предложены методы прогнозирования и контролируемого изменения электрофизических свойств полупроводниковых структур на их основе. Экспериментально исследована форма спектров низкотемпературной фотолюминесценции косонапыленных поликристаллических пленок CdTe:In с аномальными фотовольтаическими (АФВ) свойствами, которые выращивались методом термического испарения в вакууме $10^{-2} \div 10^{-3}\text{ Па}$ путем препарирования CdTe и In из отдельных тиглей [1]. Исходная масса напыляемой примеси составляла $3 \div 7\text{ вес. \%}$ от массы основного полупроводникового соединения. Напыление In задерживалась на $2 \div 3\text{ мин.}$ и прекращалось на $3 \div 5\text{ мин.}$ раньше, чем напыления CdTe. Свежеприготовленные поликристаллические образцы CdTe:In толщиной $d \approx 0,8 \div 1,5\text{ мкм}$ и площадью $5 \times 20\text{ мм}^2$ (скорость конденсации $v_k \approx 1,5 \div 2,0\text{ нм/с}$, угол напыления $30 \div 50^\circ$) оказались более низкоомными и относительно слабо выражались АФВ свойствами ($V_{AFH} = 50 \div 100\text{ В}$). Однако после термической обработки (ТО) при температуре $523 \div 573\text{ К}$ в течение $3 \div 5\text{ мин}$ на воздухе в присутствии паров соактиватора CdCl₂ сопротивление образцов в 2-3 раза увеличивалось и в то же время при комнатной температуре они генерировали максимальное фотонапряжение до значений $(2 \div 4) \cdot 10^3\text{ В}$, т.е. почти на порядок

больше, чем специально легированные образцы $CdTe$ (где 500-600 В), а фототок короткого замыкания увеличивался более чем на два порядка и достигал до $I_{к.з.} \approx 10^{-8} A$. Это объясняется тем, что атомы замещения In в кристаллической решетке полупроводника $CdTe$ создают мелкий донорный уровень компенсируя акцепторных уровней собственных дефектов и во время ТО пленки в результате термополевой диффузии увеличивают асимметрию потенциальных барьеров на границе кристаллических зерен, что повышает эффективность генерации АФН пленкой $CdTe:In$. Электрофизические и АФВ свойства отожженных пленок $CdTe:In$ существенно стабилизируются. В случае ТО в вакууме или на воздухе в парах $CdCl_2$ потребовались пленки с толщинами $1,2 \div 1,5 \text{ мкм}$, а более тонкие пленки ($d < 1,0 \text{ мкм}$) выходили из строя при такой ТО, что связано с процессами реиспарения. Для измерения спектров низкотемпературной фотолюминесценции пленочные образцы непосредственно погружались в откачиваемый жидкий гелий при 4,2 К. Спектры регистрировались на установке, собранной на базе спектрометра ДФС-24, работающим в режиме счета фотонов при минимальной ширине щели $0,04 \text{ мэВ}$. Возбуждение собственной люминесценции осуществлялось на длине волны $\lambda = 476,6 \text{ нм}$ светом непрерывного газоразрядного Ar^+ -лазера, сфокусированным на поверхность слоя $CdTe$ в пятно размером $0,4 \times 4 \text{ мм}^2$ при мощности светового потока $\sim 7 \text{ мВт}$. Эксперимент проводился в геометрии нормального освещения и почти нормального излучения. Спектр фотолюминесценции (ФЛ) нелегированной пленки $CdTe$ в окрестности фундаментальной полосы поглощения представлен на рис. 1, а. Для сравнения здесь же показан пунктиром спектр ФЛ чистого монокристаллического образца [2], который простирается лишь в область частот $\hbar\omega < E_g$ и состоит из экситонной ($E_{ex} \approx 1,59 \text{ эВ}$), донорно-акцепторной ($E_{дАП} \approx 1,54 \text{ эВ}$) - ДАП линии излучения и их LO-фононных повторений.

Как видно из рисунка, спектры ФЛ поликристаллической пленки с АФВ свойствами монокристалла $CdTe$ качественно отличаются. Основной вклад в ФЛ пленки дает излучательная рекомбинация $e-h$ свободных носителей (А-линия с полушириной $14,2 \pm 0,1 \text{ мэВ}$) и краевая люминесценция с яркой относительно широкой дублетной структурой (В- и С-линии с полуширинами $18,5 \pm 0,1 \text{ мэВ}$ и $32,2 \pm 0,1 \text{ мэВ}$), а экситонный канал излучения отсутствует. В области частот $\hbar\omega > 1,65 \text{ эВ}$ наблюдается горячая фотолюминесценция, обусловленная излучательной рекомбинацией релаксирующих по энергии горячих

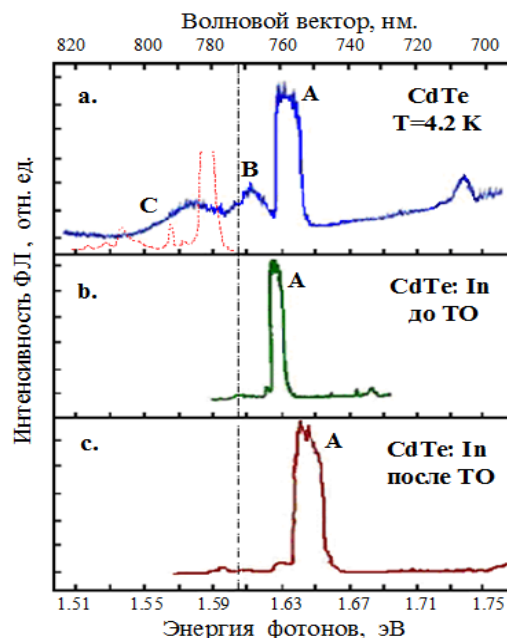


Рис.1. Спектры низкотемпературной ФЛ чистой (а), легированной In пленок $CdTe$ до (б) и после (с) ТО. Штриховая линия – спектр чистого монокристалла $CdTe$ [3], а штрих пунктирной линией показана граница его запрещенной зоны при 4,2 К

электронно-дырочных пар (частота лазерного излучения $\hbar\omega = 2,60 \text{ эВ}$). Резкая длинноволновая граница $\hbar\omega = 1,627 \text{ эВ}$ собственной полосы излучения подтверждает совершенную поликристаллическую структуру пленки. Заметим, что данная граница смещена в сторону коротких волн на $0,02 \text{ эВ}$ по сравнению с нижней границей зоны проводимости монокристалла CdTe (вертикальная штрих пунктирная линия на рис.1, а) при $T = 4,2 \text{ К}$ ($E_g = 1,606 \text{ эВ}$). Это, по-видимому, можно объяснить наличием достаточно высоких внутренних механических напряжений растяжения в тонкой пленке CdTe , что приводит к увеличению ширины запрещенной зоны. Максимумы А- и В-линий излучения отличаются на энергию продольно оптического фонона $\hbar\omega_{LO} = 0,021 \text{ эВ}$. Значит, симметричная В-линия является LO-повторением собственной полосы излучения А, которая отсутствовала в спектре монокристалла при заданной интенсивности лазерного возбуждения $\sim 0,44 \text{ Вт/см}^2$. Из рис.1, а видно, что пологий максимум С-линии излучения отстает от А-линии более чем на $2\hbar\omega_{LO}$. Это и наличие длинноволнового хвоста С-линии означает, что данная спектральная линия формируется в результате рекомбинации зона-зона с излучением $2LO$, $3LO$ и т.д. фононов.

На рис.1, б показан спектр ФЛ легированной In пленки CdTe без ТО. Видно, что введение примесных атомов индия сильно деформирует спектр ФЛ: во-первых, существенно сужается полуширина А-линии (до 6 мэВ), что и коррелируется падением (почти на порядок) максимального значения $V_{\text{АФН}}$ у свежеприготовленной пленки CdTe:In ; во-вторых, полоса краевой люминесценции (В- и С-линии), также как и канал горячей ФЛ исчезают; в-третьих, резкая красная граница собственного излучения сдвигается в длинноволновую сторону на $\approx 3 \text{ мэВ}$, что обусловлено уменьшением E_g , т.е. ослаблением внутреннего механического напряжения в легированном образце. Отсюда можно заключить, что донорные примеси замещения In_{Cd} создают мощный канал безызлучательной рекомбинации, тем самым, сильно уменьшают роль LO-фононов и увеличивают электропроводность пленки CdTe:In [3], чем и определяется ухудшение её АФВ свойства.

Как видно из рис.1, с, после оптимальной ТО пленки CdTe:In спектр ФЛ качественно не претерпевает сильного изменения. Однако сразу же заметим, что ТО приводит к уширению линии А почти в три раза (полуширина достигает значения $\sim 17 \text{ мэВ}$, а значение $V_{\text{АФН}}$ - почти $3 \cdot 10^3 \text{ В}$) и к увеличению ширины запрещенной зоны на $\sim 11 \text{ мэВ}$ по отношению к неоттоженной пленки CdTe:In . Процесс ТО стимулирует наряду с АФВ свойством легированной пленки, также и её собственной полосы ФЛ.

Таким образом, наблюдается четкая корреляция между АФВ свойством и формой обнаруженной полосы собственной люминесценции косо напыленных пленок CdTe . Спектр ФЛ при легировании In и ТО сильно трансформируется в соответствии с изменением АФВ свойств пленки.

Заключение.

В заключение отметим, что предложенный здесь оптический метод анализа спектров *НТФЛ* совместно с фотоэлектрическими свойствами мелкозернистых поликристаллических пленок *CdTe* может быть использован для изучения микроскопических свойств и других полупроводниковых пленочных структур с целью модернизации технологии разработки эффективных пленочных фотопреобразователей. Безусловно, такой оптический метод изучения фотовольтаических свойств пленочных структур существенно дополняет известных электрофизических методов и требует дальнейших исследований его новых возможностей с целью разработки эффективных пленочных фотопреобразователей.

References:

1. M.A. Karimov, N.X. Yuldashev. // Izv. RAN. Ser. fizich. T.71. №8, b 1186. 2007.
2. S.A. Permogorov, T.P. Surkova, A.N. Tenishev. // FTT. T.40. V. 5, b. 897. 1998.
3. B.J. Axmadaliyev, M.A. Karimov, B.Z. Polvonov, N.X. Yuldashev. Fizich.inj.poverx. 8(4), 358(2010).